

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 64-072016

(43)Date of publication of application : 16.03.1989

(51)Int.Cl.

G01J 3/02

G01J 1/44

G01J 3/26

G01J 3/36

(21)Application number : 63-063927

(71)Applicant : MINOLTA CAMERA CO LTD

(22)Date of filing : 16.03.1988

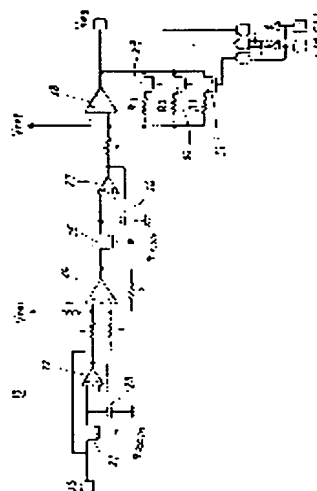
(72)Inventor : HASEGAWA JUN

## (54) SOLID-STATE IMAGE PICKUP DEVICE FOR SPECTRAL MEASUREMENT

## (57)Abstract:

PURPOSE: To smooth picture element outputs and to prevent the whole dynamic range from decreasing by providing an amplifying circuit which has plural amplification stages and selecting one amplification stage corresponding to each picture element while a picture element output is read out.

CONSTITUTION: Picture elements of a CCD image sensor are divided into 1st and 2nd groups where spectral filters for short and long wavelength bands are arranged and monitor picture elements where no spectral filter is arranged. A microcomputer outputs GN1=H and GN2=L for the outputs of the 1st group picture elements, R2/r is selected as the gain of the operational amplifier 28 of an analog processing circuit 15 by turning on an FET 30, and its output is multiplied by the gain R2/r. The microcomputer outputs GN1=GN2=H for the 2nd group and a gain R3/r is selected; and GN1=GN2=L is outputted for the monitor picture elements and a gain R1/r is selected. Thus, even when there are only three kinds of the output levels of the picture elements, all output levels are made nearly uniform by switching the gains and the image pickup device can be applied to the range of an A/D converter.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭64-72016

⑪ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和64年(1989)3月16日

G 01 J 3/02  
1/44  
3/26  
3/36S-8707-2G  
P-7706-2G  
8707-2G  
8707-2G

審査請求 未請求 発明の数 1 (全 12 頁)

⑭ 発明の名称 分光計測用固体撮像装置

⑮ 特 願 昭63-63927

⑯ 出 願 昭62(1987)9月11日

⑰ 特 願 昭62-229315の分割

⑱ 発 明 者 長 谷 川 潤 大阪府大阪市東区安土町2丁目30番地 大阪国際ビル ミ  
ノルタカメラ株式会社内⑲ 出 願 人 ミノルタカメラ株式会社 大阪府大阪市東区安土町2丁目30番地 大阪国際ビル  
社

⑳ 代 理 人 弁理士 小谷 悦司 外2名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

分光計測用固体撮像装置

## 2. 特許請求の範囲

1. 場所により透過する光の波長が異なる分光フィルタと、この分光フィルタを透過した被測定光の分光スペクトルを受光する固体撮像素子と、この固体撮像素子の各画素毎の読み出し出力を増幅する増幅回路とからなる分光計測用固体撮像装置において、上記増幅回路は複数の増幅段を有し、かつ、画素出力の読み出し中に各画素に対応した一つの増幅段を選択する手段を備えたことを特徴とする分光計測用固体撮像装置。

## 3. 発明の詳細な説明

## 〔産業上の利用分野〕

本発明は、固体撮像素子を用いた被測定光の分光分布を電気的に測定するための分光計測用固体撮像装置に関する。

## 〔従来の技術〕

この種の分光計測を行う方法ないし装置として、

特開昭59-92318号公報、特開昭57-69222号公報に示されるように、分光器と自己走査型固体撮像素子あるいは分光フィルタと自己走査型固体撮像素子を用いたものが知られている。

このように、分光計測等の光計測用に用いるセンサとして、分光性能を有するフィルタと受光素子、特に自己走査型のCCDイメージセンサを組み合わせたものが提案されている。

## 〔発明が解決しようとする課題〕

ところで、上記のように分光フィルタと固体撮像素子を組み合わせて分光計測を行う場合、各画素の感度は、その画素上に配置された分光フィルタの分光透過率と画素の分光感度の積になる。一方、固体撮像素子の多くは、Si(シリコン)上に形成されるため、特に短波長側の感度(荷感と称せられる)が、長波長側の感度に対して低くなる傾向にある。他方、分光フィルタにおいて、一枚の分光フィルタで使用波長範囲に対して対応しきれない場合には、複数枚の分光フィルタを用いることになるが、この場合、それぞれの分光フィ

ルタの平均透過率が大きく異なることがある。

これに対し固体撮像素子においては、各画素の積分時間は同一である。このため、感度の低い画素の出力は高感度の画素のそれより必ず小さくなり、その結果、出力のダイナミックレンジの低下を招来してしまい、高精度な計測が困難となる。

上記公報には、分光フィルタの透過率変化、受光素子の分光感度特性の影響を除去するために、実際の資料測定に先立って、基準の光束の測定を行い、もって特性の補正を行うことが開示されているが、この方法では、依然として、上述した出力のダイナミックレンジの改善は図れない。

本発明は、上記問題点に鑑みてなされたもので、分光フィルタと固体撮像素子（CCDイメージセンサ）を組み合わせたもので、分光フィルタの各主波長に対する固体撮像素子の画素の感度の不均一性を画素出力の増幅度を変えることによって補償し、画素出力を平滑化し、全体のダイナミックレンジの低下を防止し、高精度の分光計測が可能で分光計測用固体撮像装置を提供することを目的

— 3 —

フィルタである。そして、一方のフィルタ1は390nm～550nmの波長帯域をカバーし、他方のフィルタ2は550nm～710nmの波長帯域をカバーし、これらの2枚のフィルタ1、2によって390nm～710nmの波長帯域をカバーするように設計されている。3は積分型固体撮像素子としてのCCDイメージセンサ（第1図ではその概略構成を示す）で、フィルタ1、2の下方に配置され、受光部に入射した光4はフィルタ1、2で受光された後、CCDイメージセンサ3の各画素に入射する。各画素には入射した光4の各画素に対応した分光フィルタ1、2の主波長に相当する波長の光が照射され、各画素の出力を読み出すことによって入射光4の分光スペクトルが得られるようになっている。

ここに、分光スペクトルの半値幅は、各画素の図面x方向の長さに対応する分光フィルタ1、2の主波長の変化の幅と分光フィルタ1、2の各主波長における半値幅で決定され、また、分光スペクトルの波長ピッチは、CCDイメージセンサ3

— 5 —

とする。

〔課題を解決するための手段〕

本発明は、場所により透過する光の波長が異なる分光フィルタと、この分光フィルタを透過した被測定光の分光スペクトルを受光する固体撮像素子と、この固体撮像素子の各画素毎の読み出し出力を増幅する増幅回路とからなる分光計測用固体撮像装置において、上記増幅回路は複数の増幅段を有し、かつ、画素出力の読み出し中に各画素に対応した一つの増幅段を選択する手段を備えたものである。

〔作 用〕

この構成により、画素出力を、その読み出し中に各画素に適應した増幅度で増幅することができ、したがって低感度画素のダイナミックレンジを高くすることができる。

〔実施例〕

第1図は本実施例における入射光受光部の構成を示す。同図において、1、2はその透過する主波長が図面x方向に対し連続的に変化する分光フ

— 4 —

の各画素のピッチに対応する分光フィルタ1、2の主波長の変化ピッチで決定されている。なお、本実施例においては各画素ピッチは主波長10nmピッチに対応している。

第2図はCCDイメージセンサ3の具体的な構成を示す。同図において、5はオーバーフローライン（ODと略す）、6はオーバーフローゲート（OGと略す）、7はCCDイメージセンサ3の主要部であるフォトダイオード（PDと略す）、8は移送ゲート（SHと略す）、9は各画素で得られた電荷を転送する2相駆動の転送レジスタ（RGと略す）である。

そして、PD7は、各PD間をチャンネルストップで区切られていて、CCDイメージセンサの各画素に入射した光を光電変換し、さらに光電変換によって発生した電荷の蓄積を行う。

また、SH8はPD7で発生蓄積された電荷をRG9へ取り込むためのもので、イメージセンサの積分終了に際しては、SH8に電圧を印加することにより、PD7からRG9へ電荷の移送が行

— 6 —

われ、積分終了動作となる。またOG6は、電圧を印加していない状態では、入射する光が強い場合、PD7に過剰に蓄積された電荷が隣接するPD7あるいはRG9へ流出（オーバーフロー）してしまうことを避けるため、PD7間のチャンネルストッパおよびSH8より低いポテンシャルとなり、過剰に蓄積された電荷をOD5（電源電圧）に接続され、最も低いポテンシャルになっている）へ排出する。また、上記OG6は、電圧を印加すると、そのポテンシャルがPD7のポテンシャルより低くなるように設計されており、CCDイメージセンサの積分の開始に際して、積分以前にPD7に蓄積された不要電荷をOD5へ排出するための積分クリアゲートの働きも持っている。

10はRG9より順次転送される各画素の電荷を電圧に変換する容量で、この容量10はリセット用FET11によって電荷の転送に先立って電源電圧に充電される。12はイメージセンサ出力バッファであり、容量10における電圧を信号OSとして外部へ出力する。20はPD7に照射さ

- 7 -

CCDイメージセンサ13の制御および出力されたデータの処理を行うマイクロコンピュータ（マイコンと略す）、15はアナログ処理回路（詳細は後述）、16はA/Dコンバータ、17はパルス発生回路、18は基本クロック発生部であり、このクロック発生部18は、イメージセンサ13の駆動およびイメージセンサ13の出力信号の処理を行う各パルス信号発生のための基本クロックCP、およびイメージセンサ13のアナログ出力をマイコン14で扱うデジタルデータに変換するA/Dコンバータ16の基本クロックCP'を発生している。また、パルス発生回路17は、フリップフロップ、NANDゲート、NORゲート等のロジック回路で構成されており、イメージセンサ13のRGの駆動およびイメージセンサ13の積分制御、およびイメージセンサ13の出力を処理するアナログ処理回路15の制御を行う各パルス信号を発生する。

以下、それぞれのパルス信号について説明する。 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ は2相駆動のRG（第2図）を駆動す

- 9 -

れる光を遮光するアルミニウム膜である。本実施例では第2図において最も右側に配置されている画素を1番画素、その左側の画素を2番画素と番号付けする。ここで、1番画素はPD7の面積の $15/16$ を遮光し、PD7の遮光を施さない通常の画素の $1/16$ の光感度になるように構成されている。2番画素は同様に通常の画素の $1/8$ の感度とし、3番画素は $1/4$ の感度、4番画素は $1/2$ の感度とし、5番画素以降は遮光を施していない通常の画素としている。これら遮光を施した画素および5番画素は後述する積分時間切り換え時の出力モニタとして使用するため、これら画素上には分光フィルタ1、2は配置されていない。以上でイメージセンサの構成の説明を終了する。

第3図は本実施例における制御システムのブロック構成を示す。以下、第3図に沿って、各ブロックの機能および各ブロック間の信号ラインについて説明する。

13は前述のCCDイメージセンサ、14はC

- 8 -

るための互いに逆相の転送クロックで、転送クロック $\phi 1$ 、 $\phi 2$ の一周期に同期して画素の出力が取り出されるが、各画素で発生した電荷が容量10（第2図）に転送されるのは $\phi 1 = \text{Hi}$ （ハイ）のタイミングである。 $\phi \text{OSRS}$ は上記の容量10を電荷転送に先立って電源電圧に充電するためのリセット用FET11のゲートに印加されるパルスで、 $\phi 1 = \text{Lo}$ （ロー）のタイミングで、この $\phi \text{OSRS}$ パルスを上記ゲートに印加することで、上記FET11のリセット動作を行なわせている。

$\phi \text{OG}$ と $\phi \text{SH}$ はそれぞれイメージセンサ13のOG、SHに印加されるパルスで、 $\phi \text{OG}$ は積分開始に先立ってHiとなり、積分開始の時点でLoとなる積分開始のパルス信号であり、 $\phi \text{SH}$ は積分終了時に各PDに蓄積された電荷をRGへ転送するための信号で、転送クロック $\phi 1$ がHiの時に、Hiとして転送を開始し、Loとなった時点で積分を終了する積分終了信号である。これらの積分時間制御パルスはマイコン14よりパルス発生回路17へ送信される $\phi \text{INT}$ 信号により発生する。

- 10 -

マイコン14はこの積分時間制御のため、パルス発生回路17から送信される転送クロック $\phi 1$ をカウントし、常にモニタしている。

$\phi_{RSS/II}$ ・ $\phi_{OSS/II}$ はアナログ処理回路15における信号処理のタイミングパルスである。CCDイメージセンサ13の出力OSは、前記リセット状態の電圧と画素で発生した電荷が転送された状態の電圧が交互に現れるため、発生した電荷分だけの電圧(電位差)をこのアナログ処理回路15で取り出し、さらにマイコン14より送信されるGN1, GN2信号によって3段階に切り換え可能なゲインを掛けて(詳細は後述)、 $V_{os}$ としてA/D変換する必要がある。発生した電荷分の電圧を取り出すのに、周知の2重サンプリングの方法(後述)を用いるため、 $\phi_{RSS/II}$ ・ $\phi_{OSS/II}$ のパルスがアナログ処理回路15へ供給される。また、 $\phi_{ADS}$ は、アナログ処理回路15から出力される $V_{os}$ をA/D変換するためのA/D変換開始パルスである。

A/Dコンバータ16は、アナログ処理回路1

- 11 -

印加され第5図(b)に示されるようにOGのポテンシャルが下がり、PDに蓄積された不要電荷はODへ排出される。その後、 $\phi_{OG}$ のパルスが立ち下がると(第4図(c))、第5図(c)に示すように、OGへ印加された電圧が零となり、OGのポテンシャルは復帰し、この時点からPDで発生した電荷がPDに蓄積され始め、積分が開始される。積分期間中は各PDに入射される光量に応じて電荷が蓄積されていく(第4図(d)、第5図(d))。

マイコン14は $\phi_{INT}$ 信号を立ち上げた後、転送クロック $\phi 1$ の立ち下がりを実カウントし、所定の数だけ同クロック $\phi 1$ を実カウントした後の $\phi 1$ の立ち上がりの後、 $\phi_{INT}$ 信号を立ち下げる。パルス発生回路17は $\phi_{INT}$ 信号の立ち下がりに同期し、 $\phi_{SH}$ パルスを立ち上げる(第4図(e))。これにより、第5図(e)に示されるように、SHに電圧が印加され、SHのポテンシャルは下がり、PDに蓄積された電荷はRGへ移送される。その後、 $\phi_{SH}$ のパルスが立ち下がると(第4図(f))、第5図(f)に示されるようにSHへ印加された電

- 13 -

5より出力される出力 $V_{os}$ を、パルス発生回路17より送信される $\phi_{ADS}$ パルスによってA/D変換を開始し、A/D変換終了後、EOC(エンドオブコンバージョン)とともに、変換されたデジタルデータ(Data)をマイコン14へ送信する。マイコン14はEOCをスキャンしながら各画素の出力データを入力し、内部のRAMへ格納する。

第4図は上記各信号の出力タイミングチャートを、第5図はイメージセンサの動作を、第6図はアナログ処理回路を示す。これらの図により、イメージセンサの動作および信号の出力タイミングを説明する。

第4図(a)の時点では、PDに不要電荷が蓄積され、第5図(a)に示す状態にある。マイコン14はパルス発生回路17から送られる転送クロック $\phi 1$ の立ち上がりの後、積分時間制御信号 $\phi_{INT}$ を立ち上げる。パルス発生回路17は同信号 $\phi_{INT}$ の立ち上がりに同期し $\phi_{OG}$ のパルスを立ち上げる(第4図(b))。これにより、OGに電圧が

- 12 -

圧が零となり、SHのポテンシャルは復帰し、この時点でPDで発生する電荷のRGへの移送が終了し、イメージセンサの積分が終了する。以後は第4図(g)、第5図(g)に示されるように、転送クロック $\phi 1$ ・ $\phi 2$ によって各画素の出力電荷は転送され、順次読み出されていく。積分終了後、PDに引き続き光が照射されている場合でも、発生した電荷はSH、あるいは不図示のチャンネルストップのポテンシャルより低いポテンシャルのOGを越えODへ排出される。

次にアナログ処理回路15におけるアナログ処理について説明する。イメージセンサ13の出力OSは第4図に示される通りである。クロック $\phi 1 = L_0$ の時点で発生する $\phi_{OSRS}$ パルスにより、容量は電源電圧にリセットされ、クロック $\phi 1$ が $H_i$ になるまで、或るリセットレベルを保持している。ここで $\phi_{RSS/II}$ パルスが第6図に示すリセットサンプルホールドFET21に与えられると、サンプルホールド容量23にリセットレベルがホールドされ、バッファ22を介してオペアンプ2

- 14 -

4の非反転入力へ入力される。クロック $\phi 1$ がHになると、出力OSは画素で発生した電荷の分だけリセットレベルから電位が下がる。この電圧はオペアンプ24の反転入力へ入力され、オペアンプ24により先にホールドされたリセットレベルとの差動を取って出力される。この後、 $\phi_{OSS}/H$ のバルスによって、上記出力はサンプルホールドFET25を介してサンプルホールド容量26にホールドされ、バッファ27を介してオペアンプ(増幅回路)28の反転入力へ入力される。ここで再びサンプルホールドを行うのは、後に行われるA/D変換のためである。

オペアンプ28は、A/D変換のためにバッファ27からのイメージセンサ出力を増幅し、 $V_{OS}$ としてA/Dコンバータ16へ出力している。ここで、増幅のゲイン(増幅度)は、マイコン14より送信されるGN1、GN2信号によって切り換えられる。すなわち、GN1=GN2=Lの場合、FET29がONとなり、ゲインは $-R_1/r$ であり、またGN1=H1、GN2=Lの場合、

- 15 -

納されている。2つの分光フィルタ1、2はイメージセンサ13上に分離して配置されており、分光フィルタ1の550nmに対応する画素(N+16番画素)と、分光フィルタ2の560nmに対応する画素(M番画素)との間には本システムでは使用しない画素が並んでいる。

本実施例では前述した1番画素~5番画素をモニタ画素と呼び、N番画素~N+16番画素を第1グループと呼び、M番画素~M+15番画素を第2グループと呼び、これら以外の画素を無効画素と呼ぶ。

以下、第7図のフローチャートに沿って説明する。

まず、#1においてFLG(L)を0にクリアしている。Lは1~33の値をとり、1~17は第1グループの画素N~N+16に相当し、18~33は第2グループの画素M~M+15に相当する。すなわち、Lは390nm~710nm迄の10nmピッチの各出力の番号である。本実施例においては、積分時間を切り換え、積分を行い、各積

- 17 -

場合、FET30がONとなり、ゲインは $-R_2/r$ となる。さらにGN1=GN2=H1の場合、FET31がONとなり、ゲインは $-R_3/r$ となる。

以上でイメージセンサの動作およびイメージセンサの出力の処理についての説明を終る。

次に本実施例において、入射光の分光スペクトルのデータを得る方法について説明する。

CCDイメージセンサ13上に配置される2枚の分光フィルタ1、2は、アセンブリが容易なように、イメージセンサ13上の分離した領域に配置されている。分光フィルタ1の390nm、400nm、410nm...550nmの各10nmピッチの主波長に対応する各画素の番号は、N、N+1、N+2、...N+16となり、マイコン14のメモリにはNの値が格納されている。一方、分光フィルタ2の560nm、570nm、580nm、...710nmの各10nmピッチの主波長に対応する各画素の番号は、M、M+1、M+2、...M+15となり、マイコン14のメモリにはMの値が格

- 16 -

分時間で積分した各画素出力から出力が飽和せず、しかもS/Nの最も高い画素出力を選択するようにしている。この時、選択済の画素はFLG(L)=1とするため、後処理に先立って全てのFLG(L)を0にクリアしている。

#2でI=0としている。Iは積分時間のインデックスであり、#3で積分時間 $T_{INT}$ が定められている。 $T_0$ はイメージセンサの出力が飽和しない最大の積分時間である。次に、#4で不図示のシャッタを開き、イメージセンサへ光照射を行い、#5で前述のCCDの積分を行う。積分終了後、各画素出力の読み出しを開始するが、これに先立ち、各カウンタCN、J、Lの値を1にセットする(#6、#7、#8)。CN値はイメージセンサの画素番号、Jは1~5番のモニタ画素に対するインデックス、およびLは波長帯域390~710nmまでの10nmピッチの画素についての、得ようとするデータのインデックスである。

引き続き#9へ進み、イメージセンサの画素番号CNの判定を行う。いま、 $CN \leq 5$ であれば、

- 18 -

これは1～5番モニタ画素の出力として判定され、#10へ進む。#10では $GN1 - GN2 = L0$ を出力し、これにより、アナログ処理回路15のオペアンプ28のゲインは $R1 / r$ が選択され、1～5番のモニタ画素の出力には $R1 / r$ のゲインが掛けられる。#11でこれら画素出力を読み込み、#12でモニタデータMDs(1, J)として、この出力に $2^{4-I}$ を掛けたデータがマイコン14内に格納される。次に、#13でモニタ画素のカウントJを1つ増し、#14でイメージセンサの画素のカウントCNを1つ増している。#9～#14のルーチンはCN値が6になる迄繰り返される。CN値が6以上になると、#9の判定でNOとなり、#15の判定へ進む。

#15でCN値の判定を行い、CN値が $N+16$ 以下の場合、すなわち第1グループの出力が終了する迄は#17へ進む、ここで $GN1 - Hi$ 、 $GN2 - L0$ を出力し、オペアンプ28のゲインは $R2 / r$ が選択される。これにより第1グループの出力に対しては $R2 / r$ のゲインが掛けられ

- 19 -

#19は、第1グループおよび第2グループ以外のデータの読み出しを行わないようにするための判定である。すなわち、前述のように第1グループと第2グループ間、およびモニタ画素と第1グループ間にはシステム上、不必要な無効画素があるが、これらの画素に対しては、#18、#19でNOと判定し、#20～#26の処理をスキップして#27へ進む、データの読み出しを行わない。#18または#19でYESとなったもの、すなわち第1グループまたは第2グループの画素に対しては、#20でFLG(L)の判定を行う。ここでFLG(L) ≠ 0となっていれば、すでにL番データは確定しているということであり、#21～#26の処理をスキップして#27へ進む。FLG(L) = 0の場合は、#21へ進む、データを読み込む。

#22でデータの最上位bit(MSB)の判定を行っている。ここでMSBが1の場合は#24へ進むが、MSBが0の場合は、積分時間を2倍にして、得られるデータを2倍にしても、その

- 21 -

一方、CN値が $N+16$ より大きくなれば#16へ進む、 $GN1 - GN2 - Hi$ を出力し、オペアンプ28のゲインは $R3 / r$ が選択され、第2グループの出力に対しては $R3 / r$ のゲインが掛けられる。以上のようにモニタ画素、第1グループ、第2グループのそれぞれに対し異なるゲインを掛ける理由を以下に示す。

第1グループは、その上に分光フィルタ1が配置され、第2グループは、その上に分光フィルタ2が配置され、モニタ画素上には、フィルタは配置されていない。フィルタの有無により、その透過率が異なり、また、分光フィルタによって、その白色光に対する透過率が異なる。このように、各出力のレベルがモニタ、第1グループ、第2グループの3通りになるため、各出力に対し、全ての出力レベルがほぼ均等となり、かつA/Dコンバータのレンジに適合するようにゲインを切り換えている。以上のゲイン切り換えを#10、#16、#17でマイコン14により行っている。

引き続き#18以下を説明する。#18および

- 20 -

出力は飽和には達しない。よってMSBが0の場合は、ここでデータを選択せず、Iを1つ増し(後述#55)、積分時間を2倍にし、再度MSBの判定を行うようになされている。また、#23でI=4の場合には、これ以上Iを増加させないため、ここでデータを選択する。#24では、このデータを選択したというフラグFLG(L)を1にセットしている。#25では選択されたデータに $2^{4-I}$ を掛けて各積分時間におけるデータの規格化を行っている。

すなわち、第8図(a)～(c)に示されるように、 $I=0$ 、( $T_{INT} = T_0$ )で得られたデータを選択した場合は、(a)のように12bitのデータに $2^4$ を掛け、16bitのデータとし、 $I=1$ 、( $T_{INT} = 2 \times T_0$ )で得られたデータを選択した場合は、積分時間が2倍になったため、データ自体が2倍にされているので、(a)に対し(b)のようにデータを1桁右へシフトしデータを1/2にする必要がある。このため、12bitのデータに $2^3$ を掛け、bit16を0とし、16bit

- 22 -



データを得ている。この時、データはbit3送得られており、1=0で得られたデータより1桁下の桁送の精度のデータが得られることになる。

(c) (d) (e)に関しても同様で、積分時間を増すにつれ16bitの下位bit迄、精度の高いデータが得られることになる。以上の処理によってイメージセンサのダイナミックレンジが拡大され、低出力の画素に対しても精度の高い測定が可能となる。

次に#26で、Lを1つ増し、格納されるデータのインデックスを増している。#27ではイメージセンサの画素番号CNの値を1つ増している。#28で全てのデータの読み出しが完了したか否かを判定し、データの読み出しが終了していなければ#9~#27の処理を繰り返し、読み出しが終了していれば、次の#29以降のルーチンへ移る。

#29以降では暗時出力の補正を行っている。PDは光が照射されていない場合にも電荷(暗電荷)を発生し、各PDの出力は光照射に比例して

- 23 -

得たデータを、さらに校正するための係数の算出を行っている。

積分時間を変えて計5回の積分を行う場合に入射する光量が時間的に変化すると、積分時間に対して出力がリニアに得られない。このため、モニタ画素の出力によって、この補正を行う。

$$K1(1) = \frac{MDs(0, 5) - MD_D(0, 5)}{MDs(1, 5-1) - MD_D(1, 5-1)}$$

上式の分子第1項は#12で求めた光照射時で、積分時間T<sub>0</sub>で積分したモニタ第5番画素の出力で、分子第2項は#37で求めた暗時で積分時間T<sub>0</sub>で積分したモニタ第5番画素の出力である。第1項から第2項を減ずることにより光照射に応じた正味の発生電荷分の出力が得られる。

上式分母第1項は、#12で求めた光照射時で積分時間がT<sub>0</sub>×2<sup>4-1</sup>で積分したモニタ第(5-1)番画素の出力で、分母第2項は#37で求めた暗時で積分時間がT<sub>0</sub>×2<sup>4-1</sup>で積分したモニタ第(5-1)番画素の出力である。第1項か

- 25 -

発生する光出力電荷と前記の暗電荷の和となっている。分光計測にイメージセンサを使用する場合は、この暗電荷を補正しなければ、特に低出力画素について測定精度の低下を招いてしまう。以下、フローチャートに沿って具体的な補正方法を説明する。

#29で不図示のシャッタを閉じ、光の照射をカットしている。#30で#3によって定められた積分時間で積分を行う。#31~#33で各カウンタCN, J, Lを1にセットする。#34で前述と同様にCN値を判定し、5以下ならば1~5番のモニタ画素であるから#35でGN1=GN2=L<sub>0</sub>を出力し、イメージセンサのゲインをR<sub>1</sub>/rに設定する。#36でモニタ画素の出力を読み込み、#37でMD<sub>D</sub>(I, J)としてデータに2<sup>4-1</sup>を掛けたデータをマイコン14内のメモリに格納する。#38, #39でJ値およびCN値を1つ増し#34へ戻る。モニタ画素データの格納が終了した後、#40の処理へ移る。ここではモニタ画素のデータを元に、各積分時間で

- 24 -

ら第2項を減ずることにより、暗時出力補正後のデータが得られる。

以上によって、K1(0)=1.

$$K1(1) = \frac{MDs(0, 5) - MD_D(0, 5)}{MDs(1, 4) - MD_D(1, 4)}$$

$$K1(2) = \frac{MDs(0, 5) - MD_D(0, 5)}{MDs(2, 3) - MD_D(2, 3)}$$

$$K1(3) = \frac{MDs(0, 5) - MD_D(0, 5)}{MDs(3, 2) - MD_D(3, 2)}$$

$$K1(4) = \frac{MDs(0, 5) - MD_D(0, 5)}{MDs(4, 1) - MD_D(4, 1)}$$

と各積分時間に応じた係数が求められる。K1(1)は、MDs(1, 4)-MD<sub>D</sub>(1, 4)すなわち、感度が1/2の画素に積分時間T<sub>INT</sub>=T<sub>0</sub>×2で積分を行なった光信号に対応する出力で、MDs(0, 5)-MD<sub>D</sub>(0, 5)

- 26 -

すなわち、感度が1の画素に積分時間 $T_{INT} = T_0$ で積分を行なった光信号に対応する出力を割ることで、積分時間変化時の入射光量変化の割合が算出される。 $K1(2) \sim K1(4)$ も同様である。以降で得られる各積分時間に対する画素出力に、上記手段で得られる各積分時間に対する係数 $K1(1)$ を掛けることで入射光の時間的变化の影響を無くすることが可能である。

#40で係数 $K1(1)$ を算出した後、#41でCN値の判定を行い、 $CN \leq N+16$ であれば#42で $GN1 = Hi$ 、 $GN2 = Lo$ を出力し、イメージセンサのゲインを $R2/r$ とし、 $CN > N+16$ であれば#43で $GN1 = GN2 = Hi$ を出力し、イメージセンサのゲインを $R3/r$ とする。#44、#45で第1グループおよび第2グループの画素出力の場合、#46以降へ進む、#44、#45でどちらもNOの場合、#46～#52をスキップし、#53へ進む。

#46で $FLG(L)$ のチェックを行い、この $FLG(L)$ が1であれば#20～#25で選択

— 27 —

納される。

次に、#51にて $FLG(L)$ に-1の値を入れる。 $FLG(L)$ は0、1、-1の3値を取り、0の場合はデータは確定していない状態を示し、1の場合、 $Ds(L)$ の値が確定した状態を示し、-1の場合、 $D(L)$ が確定したことを示す。#52でカウンタLを1つ増し、#53でカウンタCNを1つ増し、#54でイメージセンサの全画素の読み出しが終了したか否かを判定し、終了していなければ、#34～#53を繰り返し、終了していれば#55へ進む。#55では積分時間のインデックスIを1つ増し、#56で $I > 4$ でなければ#3～#54を繰り返し、 $I > 4$ となった時点で全てのルーチンを終了し、390～710nm、10nmピッチの分光計測データの格納が全て完了する。

以上で本実施例の動作の説明を終る。

なお、本実施例において、第1グループおよび第2グループの先頭画素番号N、Mの値はマイコンのメモリに記憶されているが、これは外部にデ

— 29 —

された画素ということであり、#47以降のルーチンに進み、 $FLG(L)$ が1でなければ#47～#52をスキップし#53へ進む。#47ではデータの読み出しを行う。#48で $DD(L)$ として読み出したデータに $2^{4-I}$ を掛けたデータを格納する。これは先に述べた暗時出力補正のためのデータであり、桁を $Ds(L)$ と合わせるために、同じ係数 $2^{4-I}$ を掛けている。

#49にて $D(L)$ として#25で得た $Dc(L)$ から#48で得た $DD(L)$ を減じたものを格納している。#49によって各画素出力はその暗時出力を減算され、入射光に応じた出力データが得られる。#50ではこの $D(L)$ に#40で得られた係数 $K1(I)$ を掛け、さらに $K2(L)$ を掛けている。ここで $K2(L)$ は各画素固有の係数である。各画素の感度はバラツキをもっているため高精度の測定を要する場合は、この感度に応じて補正を加える必要がある。この補正係数は予めマイコン14内のメモリに格納してある。#50で各画素についての正確なデータが格

— 28 —

リップスイッチ等を設け、これにN、Mの値を記憶し、マイコンがデータの読み出しを行う以前にマイコン内のRAMに取り込んでもよい。

また、本実施例においては不図示のシャッタの開閉により光照射状態と暗状態をつくり出しているが、物体の反射スペクトルを測定する場合は、ストロボ光を光源とし、このストロボを発光しない状態を暗状態とし、ストロボを発光している状態を光照射状態とし、機械的シャッタの代わりにストロボを用いる。このときには、積分時間は一定とし、ストロボの発光回数を1回、2回、4回、8回、16回として、もって積分時間を変えることと等価な操作を行えばよい。

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、固体撮像素子の各画素出力を、各画素の感度に応じて適宜に増幅することが可能となり、分光フィルタの各主波長に対する固体撮像素子の画素の感度の不均一性を補償し、画素出力を平滑化することができる。したがって、低感度画素のダイナミックレンジが低

— 30 —

下することによって全体のダイナミックレンジが低下してしまうといった問題を解消することができ、ひいては高精度な分光計測が可能となる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例による装置の入射光受光部の構成を示す斜視図、第2図はCCDイメージセンサの構成図、第3図は本実施例による制御システムのブロック構成図、第4図は信号出力のタイミングチャート、第5図(a)~(g)はイメージセンサの動作を示す説明図、第6図はアナログ処理回路の回路図、第7図は制御のフローチャート、第8図(a)~(e)はデータ処理の様子を示す説明図である。

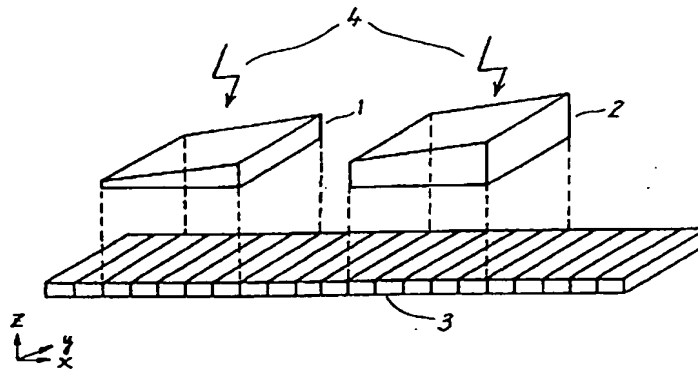
1, 2…分光フィルタ、3, 13…CCDイメージセンサ、14…マイクロコンピュータ、15…アナログ処理回路、16…A/Dコンバータ、28…オペアンプ(増幅回路)、29, 30, 31…FET、R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>…抵抗。

特許出願人

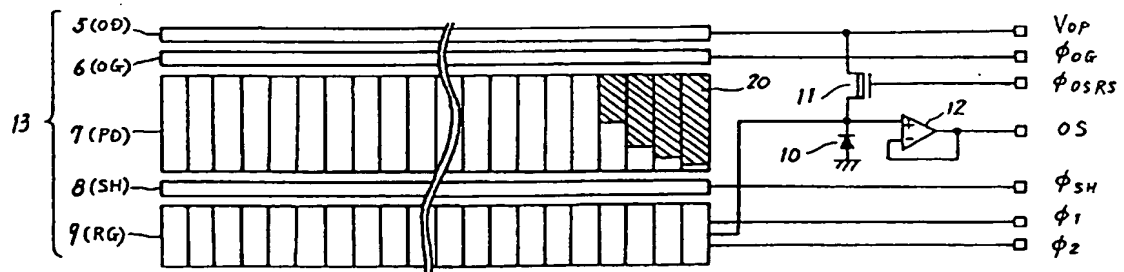
ミノルタカメラ株式会社

— 31 —

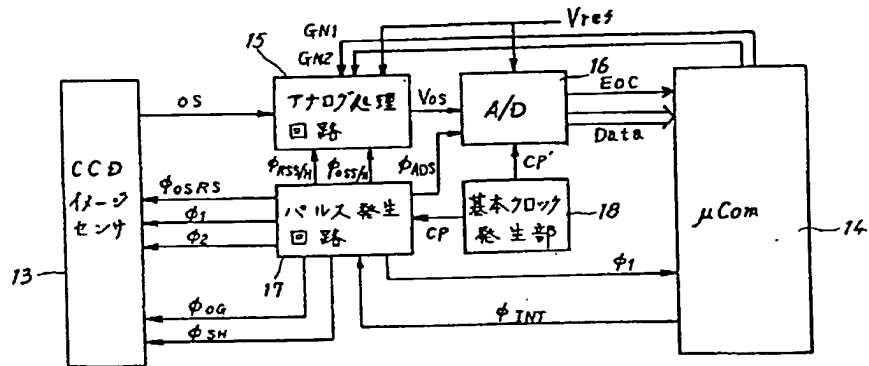
第 1 図



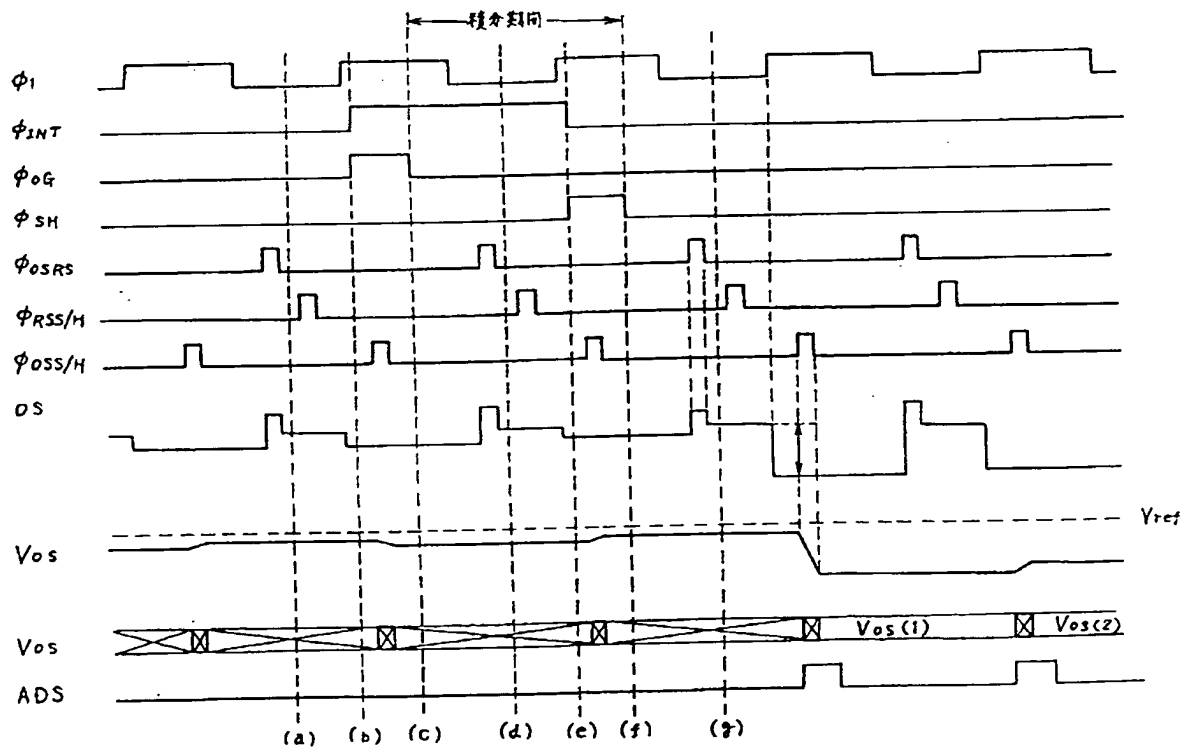
第 2 図



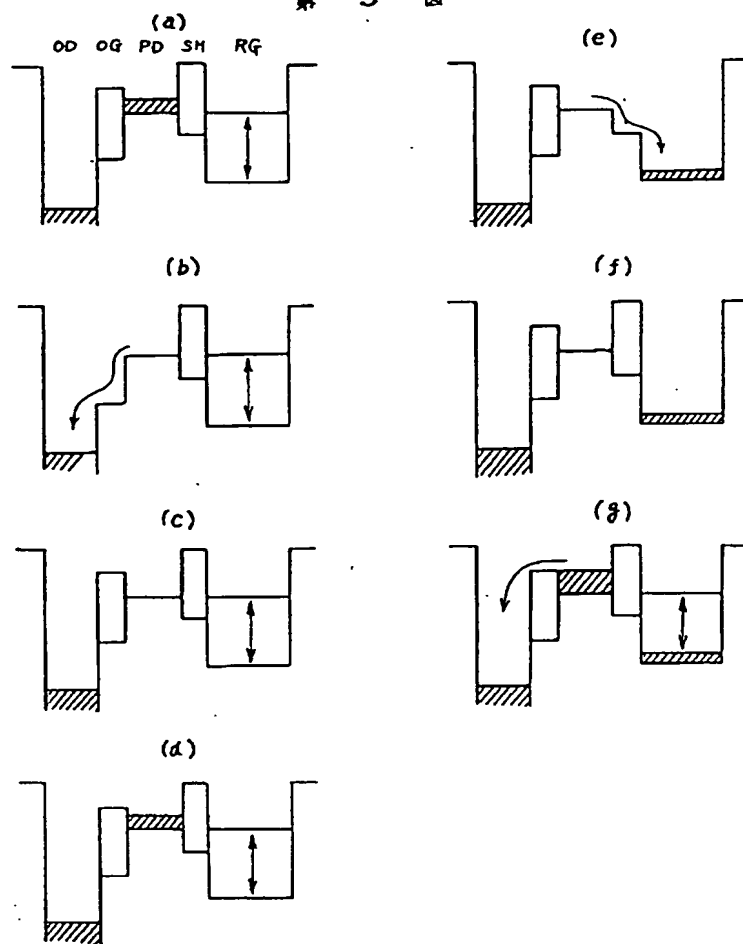
第 3 図



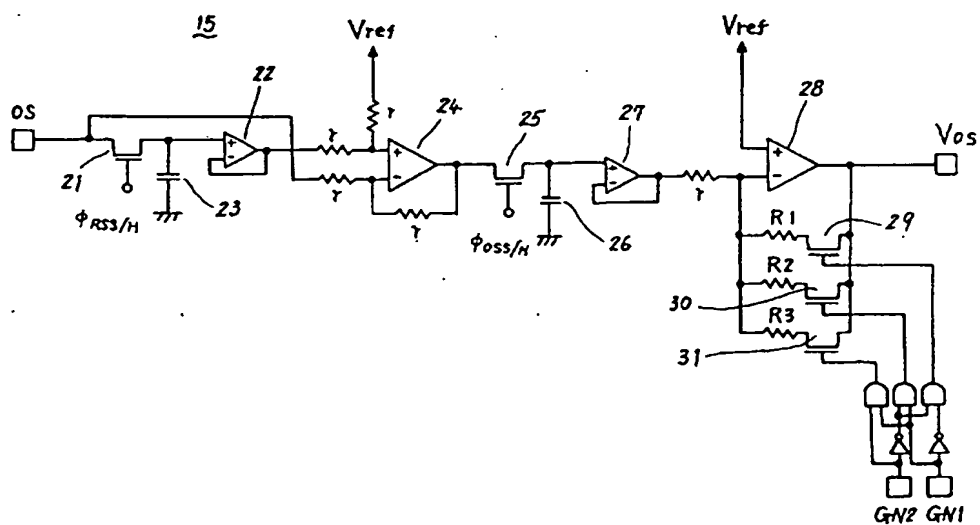
第 4 図



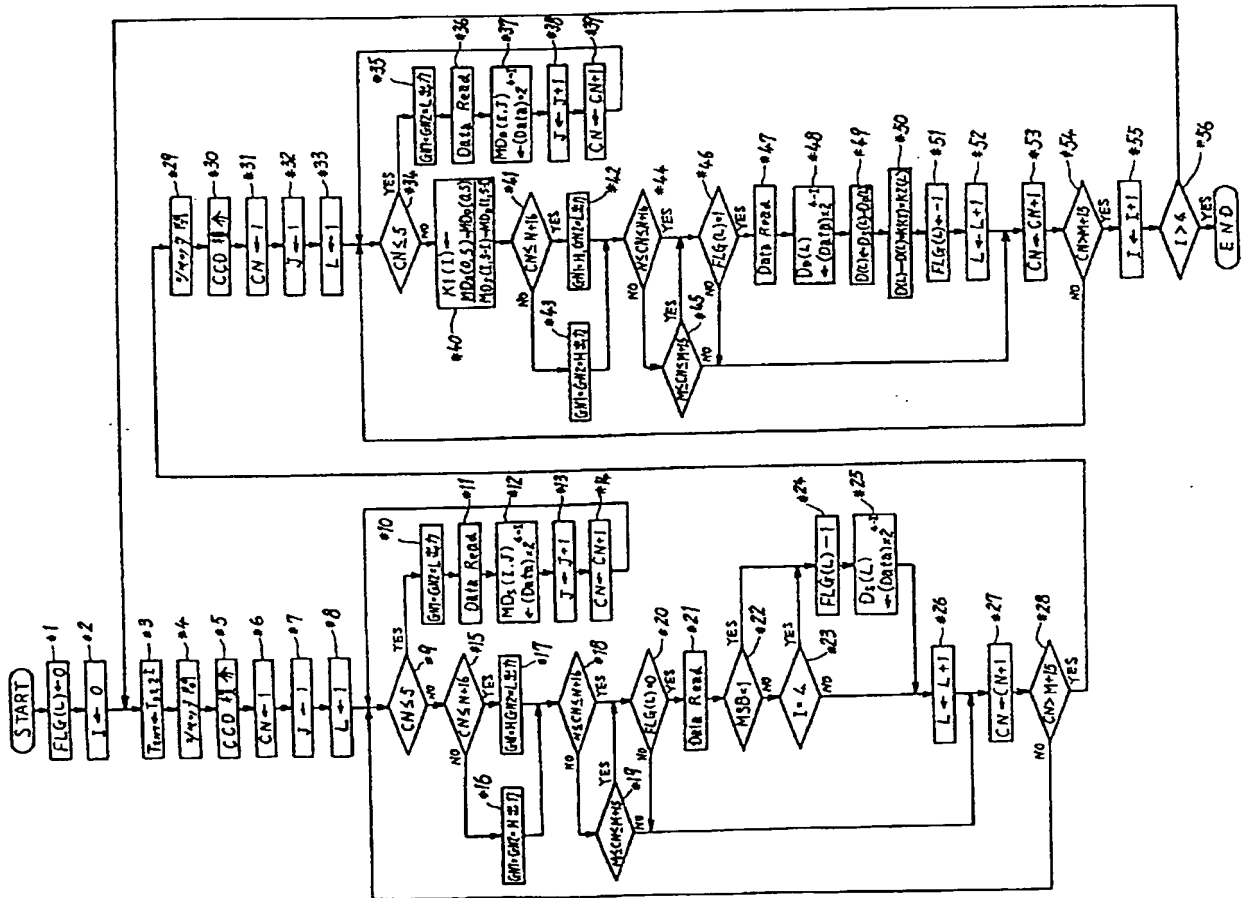
第 5 図



第 6 図



第 7 図



第 8 図

